中国科学院野外台站
CAS Field Station

引用格式：姚华建, 薛向辉, 王宝善, 等. 从地球内部到空间环境的综合地球物理观测与科学研究. 中国科学院院刊, 2022, 37(6): 846-855.
Yao H J, Xue X H, Wang B S, et al. Integrated geophysical observation and research from earth's interior to space environment. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2022, 37(6): 846-855. (in Chinese)

从地球内部到空间环境的综合地球物理观测与科学研究

姚华建[1,2]　薛向辉[1,2]　王宝善[1,2]　黄显良[1,3]　吴华章[1,3]

1 安徽蒙城地球物理国家野外科学观测研究站　蒙城　233500
2 中国科学技术大学　地球和空间科学学院　合肥　230026
3 安徽省地震局 合肥　230071

摘要　安徽蒙城地球物理国家野外科学观测研究站的主要任务是开展地震、重力、形变、电磁等多种固体地球物理观测与研究，以及开展中高层大气和电离层多物理量的近地空间环境观测与研究。地球内部到外部空间的综合地球物理观测对认识地球本体和近地空间环境的结构、形成与演化，以及各种自然灾害的孕育发生规律及预警和预报具有非常重要的意义。通过不同尺度地球物理台阵观测资料，获得了郯庐—大别构造带多尺度结构、变形和孕震构造特征。基于近地空间环境观测数据，揭示了中高层大气与电离层的精细结构和变化机制。这些研究为区域地震监测和地震灾害研究、近地空间环境监测和空间灾害研究等提供了重要的基础。

关键词　地球内部，地球空间环境，郯庐—大别构造带，中高层大气，电离层

DOI　10.16418/j.issn.1000-3045.20220524003

对地球内部及其外部空间的各种物理场的观测，是探索地球本体及近地环境空间的物质结构、组成、形成和演化，研究各种自然灾害发生和演化的规律，以及开展自然灾害预警和预测预报工作的重要基础。目前，世界上很多国家都建有各种地球物理观测站点，不同区域的观测站点联合在一起，形成庞大的地球内部和外部空间观测网络，可以实时获取地球与空间的多物理场信息，包括：地球内部的振动、形变、电磁场、重力场等信息，以及地球外部空间的风场、温度、密度、等离子体、电磁场等多种参数。安徽蒙城地球物理国家野外科学观测研究站（以下简称“蒙城站”）是我国唯一同时开展地球内部和外部空间物理场观测和研究的国家级野外站，这在国际上也是非常少见的。

蒙城站于 2007 年在安徽省蒙城地震台（中国地震局国家基本台）的基础上建成，依托中国科学技术

修改稿收到日期：2022年5月31日

大学与安徽省地震局共同建设，主管单位为中国科学院和中国地震局；2009 年进入科学技术部国家野外科学观测研究站。目前，蒙城站是中国科学院日地空间环境观测研究网络中的重点站，是国家重大科学工程“子午工程”（一期）的重要节点。蒙城站目前开展测震、地电、地磁、形变等固体地球物理观测，同时开展中高层大气风场、温度、密度、金属层、大气气辉辐射、电离层电子浓度总含量、太阳射电等多种近地空间环境参数观测，具备良好的综合地球物理科学观测、仪器研发和研究能力。蒙城站还联合安徽省内其他台站开展地球物理场联合探测，同时针对郯庐—大别构造带开展流动地球物理观测与研究，为中国中东部地区的地震监测、地震灾害评估、近地空间环境监测、空间灾害（如磁暴）预警等提供不可或缺的观测资料和研究支撑。

1 通过地球物理观测，研究发现郯庐—大别构造带岩石圈结构与变形特征

蒙城站位于安徽西北部；安徽地处华北地块、扬子地块和秦岭—大别造山带 3 个大地构造单元的接壤地带，著名的北北东向郯庐断裂带穿过安徽境内。郯庐断裂带是中国东部最为重要的深大断裂带，总长度超过 2 400 km，郯庐断裂带及其两侧附近先后发生过 1668 年的山东郯城 $8_{1/2}$ 级大地震等多次强震。而秦岭—大别造山带附近地震活动也比较频繁，包括造成较大破坏和人员伤亡的 1917 年安徽霍山 $6_{1/4}$ 级地震和 2006 年江西九江里氏 5.7 级地震。此外，蒙城站所在的安徽省也位于长江中下游成矿带区域，矿产资源形成的结构和构造背景一直也是热点研究问题。

为了更好地研究郯庐—大别构造带及其邻区的岩石圈结构和变形特征、强震孕育发生的结构背景和矿产资源形成的深部构造环境，蒙城站科研人员近年来通过固定和流动宽频带地震台阵观测资料，采用背景噪声成像、接收函数分析等方法，获得了郯庐断裂带中南段及长江中下游成矿带区域的三维岩石圈横波速度结构和方位各向异性模型[1-4]，以及莫霍（Moho）界面和泊松比结构[5]，横向分辨率可达 50 km。

获得的结构模型显示郯庐断裂带中南段及邻近区域的上地壳速度结构与区域地质构造单元具有很好的对应性：盆地区域表现为明显的低速异常，在造山带、隆起区域、成矿带区域表现为明显的高速异常。郯庐断裂带中南段地壳速度结构、地壳厚度和地震活动性存在明显的分段性：其东、西两侧的地壳厚度存在明显差异，断裂带东侧的扬子块体的地壳厚度不到 30 km。成像结果发现，在长江中下游地区的下地壳和上地幔顶部存在 V 形高速异常带（图 1），长江中下游成矿带中下地壳普遍存在高速异常体隆起。这可能是来源于古太平洋板块俯冲洋壳脱水导致上地幔岩石部分熔融，岩浆底侵至地壳下部，冷却后形成高速异常体。方位各向异性成像模型显示郯庐断裂带中南段地壳的方位各向异性快波方向基本平行于断裂带走向，显示出断裂带两侧华南和华北块体的相对运动对断裂带区域地壳介质变形的控制作用，但岩石圈与下覆软流圈的各向异性和变形模式显著不同。

除了岩石圈速度结构外，地下介质的密度结构及其变化也是认识地球内部构造运动甚至孕震过程的重要参数，而地球重力场是反映地下介质密度分布的核心物理场，重力场的测量及其随时间的变化反映了地下介质密度的分布及其变化。蒙城站科研人员在安徽省内每年开展 2 次流动重力测量工作。目前，安徽省重力测网由相对、绝对重力测量点及连续重力观测站组成，共有 125 个测点。2019—2020 年及 2020—2021 年的年度尺重力场变化不大，约在 ±20 μgal（图 2）；整个观测区域处于相对稳定的状态。蒙城站科研人员已经发展了地震数据与重力数据的联合成像算法，正在开展多种地震波数据与重力数据的联合反演，从而更好地约束郯庐—大别构造带岩石圈物性结构及其动力学过程。

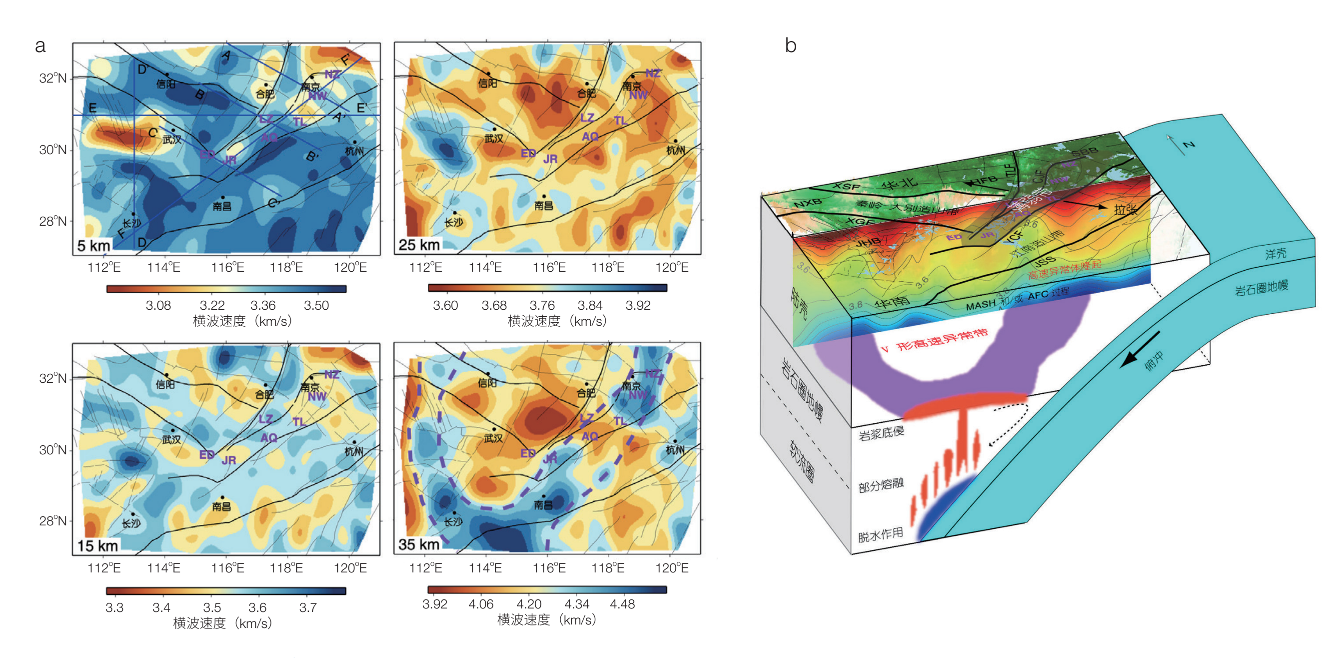


图 1 背景噪声成像获得的长江中下游成矿带区域不同深度横波速度结构模型（a），以及上地幔顶部 V 型高速异常体地球动力学背景示意图（b）[2]

Figure 1 Shear wave velocity structure at different depths of Middle-Lower Yangtze River Metallogenic Belt from ambient noise tomography (a), and schematic diagram of geodynamic background for the uppermost mantle V-shaped high velocity anomaly (b)[2]

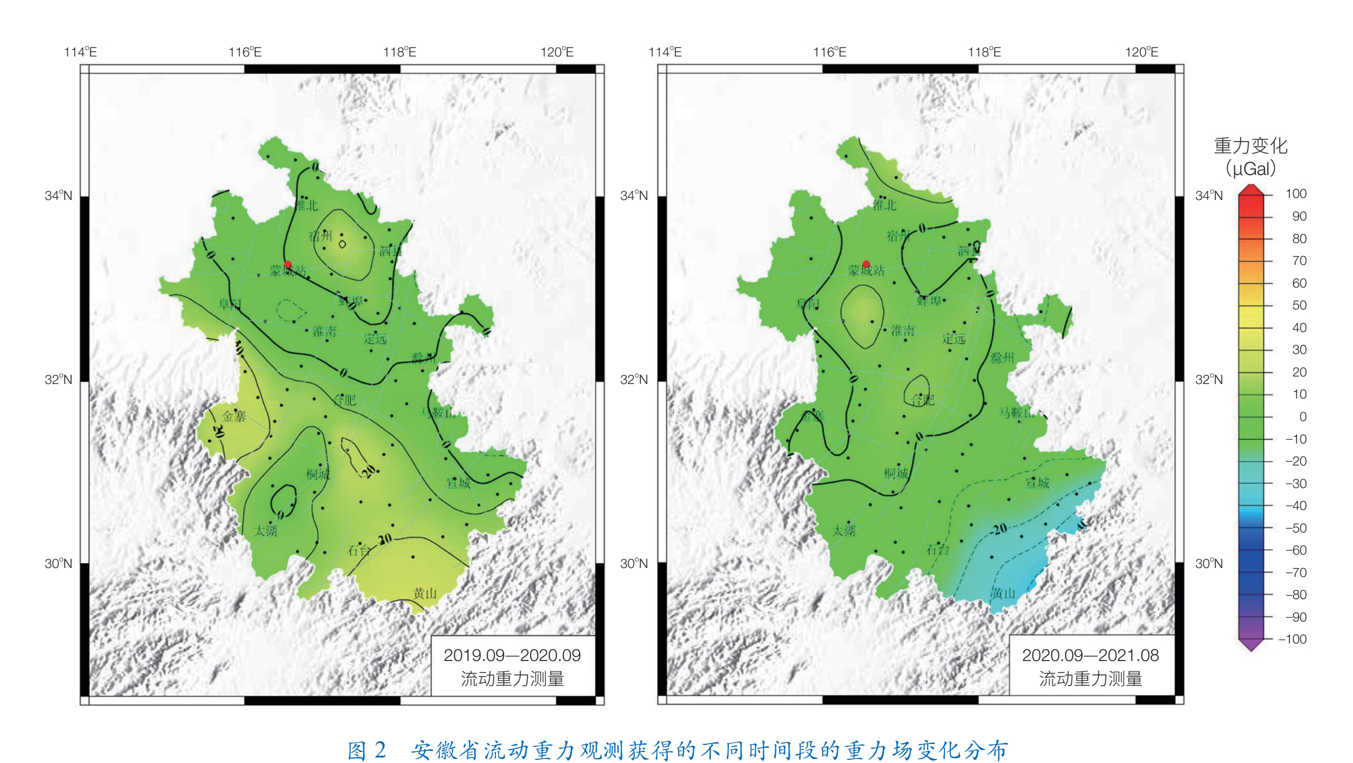


图 2 安徽省流动重力观测获得的不同时间段的重力场变化分布

Figure 2 Spatial variation of gravity field in different periods obtained from mobile gravity observation in Anhui Province

黑色圆点表示测点

Black dots show observation sites

2 通过密集短周期地震台阵观测，探明了郯庐断裂带中南段精细地壳浅部结构

宽频带地震台站的空间分布相对较为稀疏，所得成像结果的分辨率还难以刻画断裂带的精细结构。为了更好地获得郯庐断裂带中南段精细的速度结构模型和变形特征，从2015年开始沿着郯庐断裂带中南段布设密集短周期台阵1 600多台次（图3），包括密集线性台阵和面状台阵；台站间距为数百米到数千米，观测时间为1—2个月，获得了一批重要的地震台阵观测数据。

基于密集台阵数据的背景噪声成像等方法，蒙城站构建了横向分辨率达数千米的郯庐断裂带中南段不同区段的精细地壳浅部速度结构模型[6-8]。基于模型对比分析和模拟得出4点科学结论：① 郯庐断裂带南段（如庐江段、巢湖段、肥东段）的断裂带介质表现为高速异常（图4）；由断裂带区域变质杂岩和冷却的岩浆岩所导致，断裂带西侧的合肥盆地显示为明显的低速异常。② 从张八岭北部以北的郯庐断裂带区域由4条近于平行的北北东向断层组成，断裂带东西宽度达到50—70 km；断裂带地壳浅部表现出明显的高低速相间的特征，主要是由于华北克拉通破坏时期的拉张作用导致一系列断陷盆地的形成。③ 郯庐断裂带巢湖段上地壳三维各向异性模型揭示区域内方位各向异性分布与主要地质单元分布相关，主要受形状优势

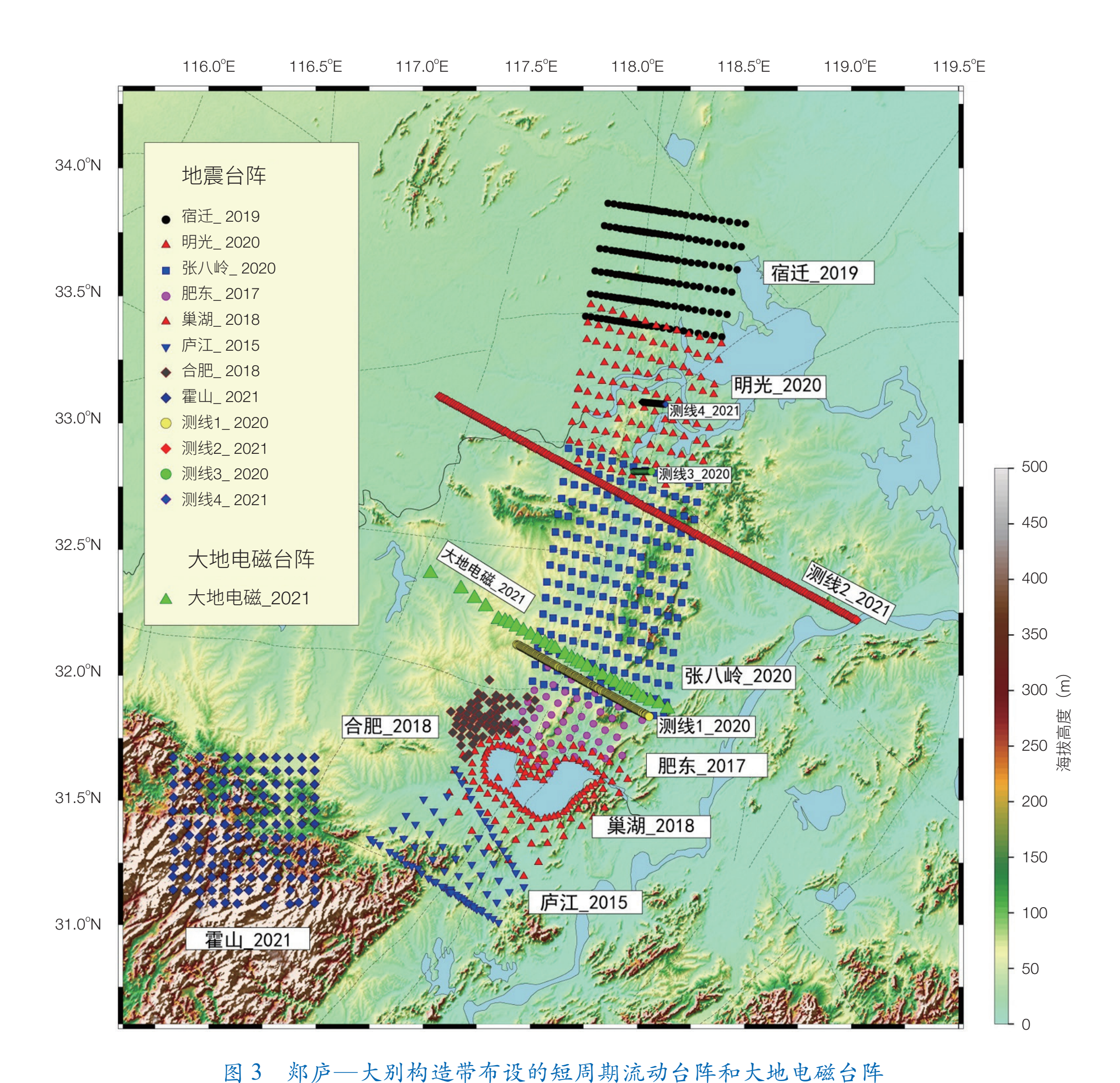


图3　郯庐—大别构造带布设的短周期流动台阵和大地电磁台阵

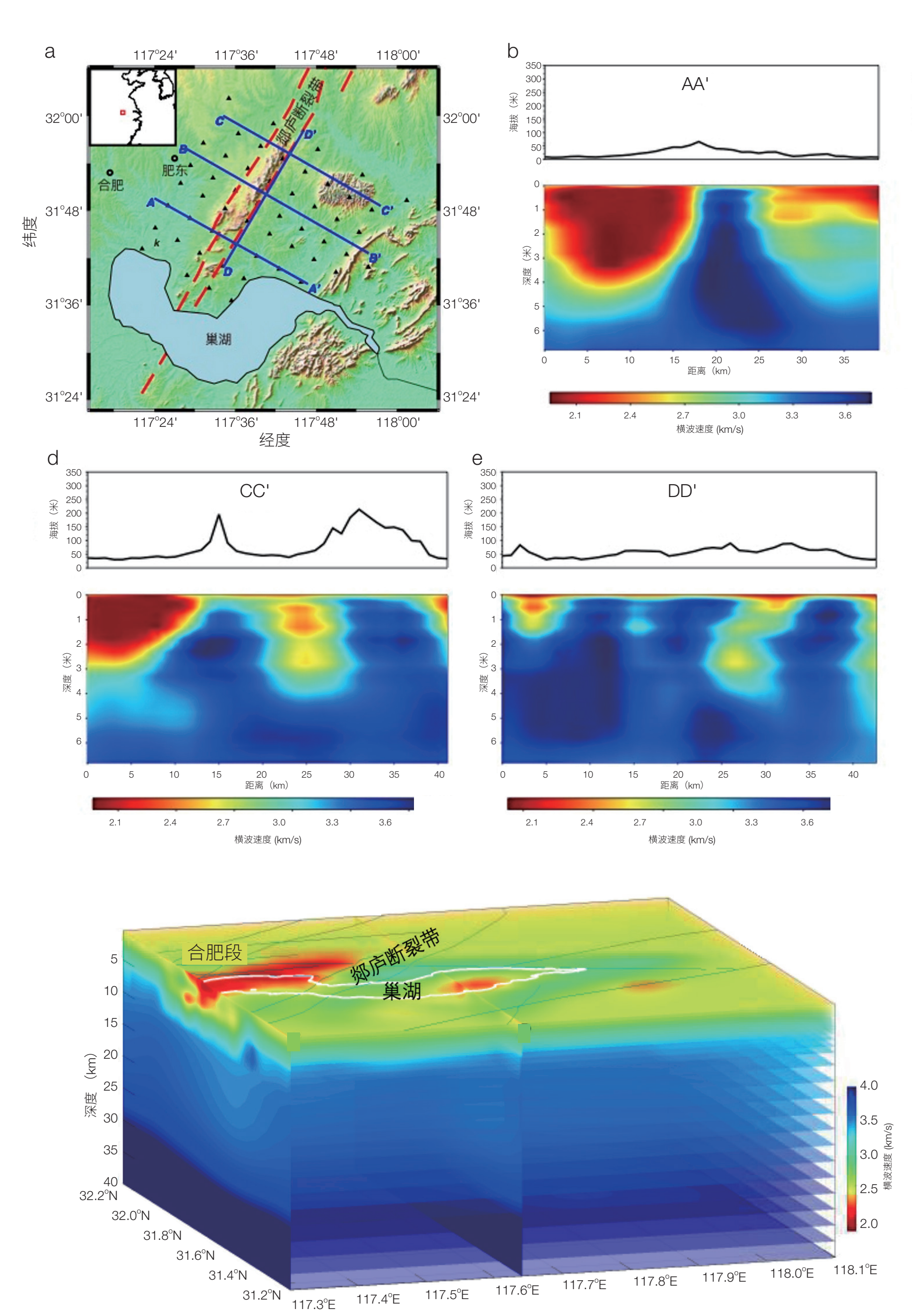
Figure 3　Deployed short-period band mobile seismic arrays and MT array in Tanlu-Dabie tectonic belt

方向（如断裂带走向）控制；并基于各向同性和各向异性模型提出了郯庐断裂带巢湖段的 4 阶段构造演化模式。④ 郯庐断裂带合肥段的多尺度三维地壳模型[9]显示巢湖西侧的区域沉积厚度可达 6—8 km（图 5），显著放大地震动和造成更大的地震灾害；该多尺度模型为郯庐断裂带设定地震的强地面运动模拟和潜在地震灾害评估工作提供了重要的基础。

加强大地电磁、流动重力等其他地球物理场的观测，结合密集地震台阵观测资料，采用地球物理联合成像等方法，能更好地揭示郯庐—大别构造带深浅部精细结构和变形特征，研究区域地震孕育发生与结构的关系。

3 基于流星雷达联合观测，揭示中间层顶中性大气对太阳/地磁响应

中间层顶区域大气主要成分为大气分子；在这一



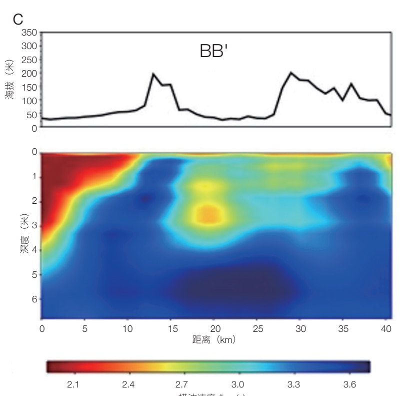


图 4　基于短周期密集台阵噪声成像获得郯庐断裂带肥东段地壳浅部 6 km 之上的三维精细速度模型[6]

Figure 4　High-resolution velocity model of the top 6 km shallow crust of Feidong segment of the Tanlu fault zone from dense short-period band array ambient noise tomography[6]

（a）区域地形和台站（黑色三角形）分布图；（b—e）4 条剖面的横波速度分布图，剖面位置见（a）图中的蓝线

(a) Local topography and distribution of stations (black triangles); (d-e) shear velocity distribution along 4 profiles shown as blue lines in (a)

图 5　郯庐断裂带合肥段多尺度速度结构模型[9]

Figure 5　Multi-scale velocity model of Hefei segment of Tanlu fault zone[9]

高度范围，大气分子间的运动以碰撞为主，一般认为不受地球磁场及地磁活动的影响。太阳活动会产生强烈的地磁扰动，同时伴随大量高能粒子进入地球大气，在磁层-电离层-热层产生一系列灾害性空间天气现象。近年研究发现能量粒子注入可以引起中间层痕量成分（如 O_3、NO_x、HO_x等）变化，以及低热层高度（95 km 以上）大气温度变化。但是，对于中间层的中性大气是否受到太阳活动的影响这一问题尚不清楚。

基于流星雷达探测的流星尾迹的衰减时间（双极扩散系数），通过排除微流星注入大气速度对流星烧蚀峰值高度的影响，发展了中间层顶大气密度反演算法。该方法应用于全球流星雷达观测，获得了不同纬度中间层顶大气密度季节变化[10]（图 6）。在此基础上，发现极区中间层顶大气密度与对重现性地磁活动的响应呈现明显的负相关；即地磁活动 *Kp* 指数增强时，中间层顶大气密度降低，反之亦然。这与此前报道的热层大气密度与地磁活动存在正相关性的观测结果刚好相反。另外，还发现在重现性地磁活动期间中间层顶风场存在明显西向增强现象，并伴随显著的潮汐幅度（特别是半日潮汐幅度）增加。进一步分析 2004—2016 年中间层顶中性大气密度对强地磁暴（*Dst*<－100 nT）的纬度依赖特征，蒙城站发现在强磁暴期间极区中间层顶大气密度存在明显的下降（可超过 10%），两极地区的中间层顶大气密度存在相似的变化并可以延伸至中纬度地区[11]。这些发现揭示了强地磁活动期间伴随的高能粒子或者热层焦耳加热等过程对中高层大气动力学过程的潜在影响。

4 基于电离层数字测高仪与卫星联合观测发现电离层Es季节变化形成机制

电离层是距地面约 60—1 000 km 高度的大气部分电离区域，是影响无线电波传播最重要的媒介。在高空大气中，流星注入形成的金属离子是导致高空电离层突发E层（Es 层）的主要成分。Es 层是 90—130 km 垂直高度区域中稠密的电离层不均匀体。电离层不均匀体的出现极大地影响着无线电通信、定位、

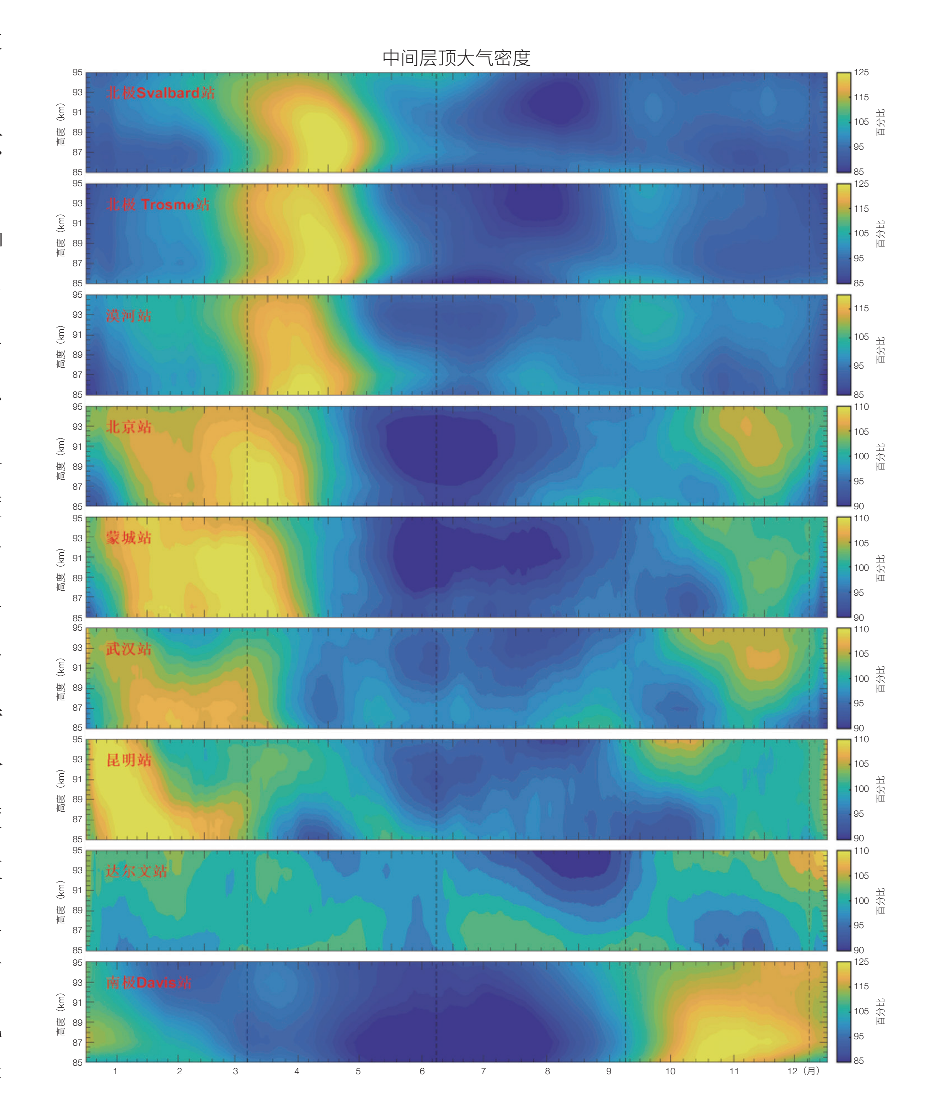


图 6　北极 - 南极流星雷达反演的中间层顶大气密度季节变化特征[11]

Figure 6　Seasonal variation of relative atmospheric density within mesopause region using meteor radars from Arctic to Antarctica[11]

颜色条表示 30 天滑动平均密度相对于年平均密度的百分比

Color bars indicate percentage variation in 30-day running mean density relative to annual mean density

导航、航空航天等相应领域的远程空间通讯的准确性和稳定性。

自20世纪60年代地球电离层Es层被观测发现以来，其形成的物理机制一直是一个长期未解决的问题，而其中最大的一个难题就是如何解释Es层显著的季节变化。通过COSMIC卫星的GPS掩星事件对全球电离层Es层的强度进行了统计分析，发现传统Es成因的“垂直风剪切理论”并不能很好的解释Es层的全球季节变化特征[12]。在此基础上，利用国内120°子午线和英国卢瑟福·阿普尔顿实验室0°本初子午线附近的电离层数字测高仪观测链，发现Es层存在显著地从冬季半球向夏季半球的子午输运过程，这一全球金属离子的跨半球输运过程主要受低热层的大气经向环流控制（图7）。该研究成果对进一步理解Es层的形成机制提供了重要的观测和理论依据[13]。

5 基于蒙城北斗电离层短基线观测网揭示电离层中小尺度结构变化机制

在电离层中存在复杂的不同时间尺度和空间尺度的变化和结构。一般来说，1 000 km及以上的大尺度电离层结构和变化主要引起无线电信号延迟的差异，而中小尺度的电离层结构和变化还会造成电离层闪烁，严重时可导致信号的中断。由于观测的限制，目前对中小尺度结构和变化的认识较为缺乏。

基于GNSS的电离层观测是目前应用最广泛的电离层观测技术。而我国北斗卫星导航系统还包含5颗地球静止轨道同步卫星，与美国GPS等系统相比拥有独特的优势。北斗同步卫星电离层观测相当于是定点的全天候观测，能把电离层时间和空间变化效应区分。借助北斗的观测优势，蒙城站创新地建立了中国中部区域蒙城北斗电离层短基线观测网（图8）。该观测网络台站间距基本在100 km附近，最小间距在60 km，可以构成两组三角观测网络。观测网除了可以接收北斗卫星信号，还可接收GPS和GLONASS等导航卫星信号。利用该特色观测网络，结合蒙城站布设的光学气辉观测，能有效观测和监测区域中小尺度电离层变化和结构及其引起的闪烁，对研究和认识电离层区域结构和变化具有重要

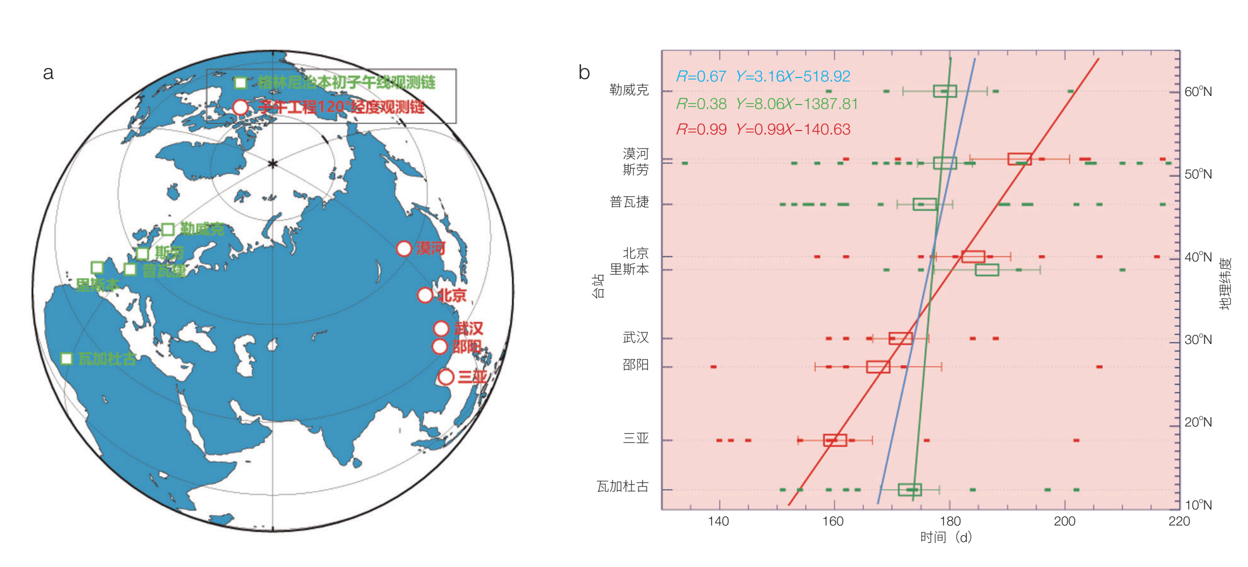


图7 我国东经120°子午线和格林威治本初子午线午线的电离层数字测高仪观测台链（a）；基于2个台链电离层数字测高仪观测拟合的北半球Es水平输运速度（b）

Figure 7 Location of the Ionosonde chains along 120°E meridian and Greenwich prime meridian, respectively (a); Fitted meridional transport velocity of Es in northern hemisphere using two meridional chains (b)

（b）中红色为东经120°子午链拟合结果，绿色为本初子午链拟合结果，蓝色为所有台站拟合结果[13]

Red, green and blue lines show linear fits of the measurements from 120°E meridian, prime meridian, and all stations, respectively in (b)[13]

作用。

利用蒙城北斗电离层短基线观测网，中国科学技术大学团队聚焦电离层中小尺度结构和变化开展了系列工作，取得了创新性成果，包括：首次发现区域性 100 km 尺度电离层经度梯度（图 9）；黄山站观测到不同天北斗同步卫星电离层总电子含量（TEC）变化对比，在 2016 年 3 月 8 日和 11 日不同同步卫星 TEC 变化存在明显不同，3 月 8 日不同同步卫星 TEC 较为一致，而 3 月 11 日存在显著差异，小区域变化达 100% 以上。该结果准确刻画既揭示了电离层中尺度行进式扰动特征及其与不规则体关系，发现低层大气潮汐活动导致电离层变化超过磁暴效应的现象等。自 2015 年该网络建设起，利用其观测数据已发表多篇重要研究论文[15-17]，得到了国内外学界广泛关注和认可。



图 8　蒙城北斗电离层短基线观测网分布图

Figure 8　Location of Mengcheng ionospheric observation of Beidou Short Baseline Network

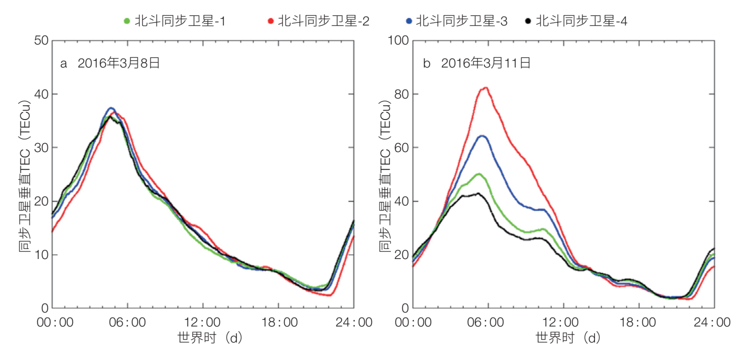


图 9　黄山站观测不同天北斗同步卫星电离层总点子含量（TEC）[14]

Figure 9　Variations of vertical TECs observed by Beidou GEO at Huangshan[14]

（a）2016 年 3 月 8 日；（b）2016 年 3 月 11 日

(a) March 8, 2016; (b) March 11, 2016

6 结语与展望

通过不断努力，蒙城站构建了从固体地球到高层大气较为全面的地球物理观测网络，开展了一系列富有成效的地球物理野外观测工作，取得了丰硕成果；其在郯庐断裂带多尺度地下结构成像与孕震构造研究、中纬度区域中高层大气和电离层精细结构和变化机制等领域的科研成果引起了国内外的关注，为我国地球物理野外站从固体地球到行星际空间的综合观测和研究体系的建设起到了示范作用。

未来蒙城站的观测和研究主要从 4 个方面展开：① 提升地球物理仪器研发和组网观测能力，包括分布式光纤传感设备[18]、绝对重力仪、实时传输智能地震仪、阵列式大口径激光雷达、多站流星雷达组网观测等。② 继续开展郯庐—大别构造带多尺度地震、电磁、重力、形变等综合地球物理观测，以及多种不同数据的联合反演及联合解释，深入研究该构造带的深浅部结构和变形、地震活动性分布和地震灾害特征。③ 围绕近地空间环境多要素协调观测，加强近地空间环境主被动光学和无线电遥感能力建设，为理解近地空间多圈层、多尺度耦合提供观测条件。④ 加强固体地球与近地空间的联合观测与融合研究，更好地约束整个地球与近地空间系统的物理过程。例如：太阳活动如何影响地球电离层和地球磁场的变化，大地震活动与地球电离层异常之间的关系，以及电离层变化对雷达干涉（InSAR）地表形变测量的影响等。

参考文献

1 孟亚锋, 姚华建, 王行舟, 等. 基于背景噪声成像方法研究郯庐断裂带中南段及邻区地壳速度结构与变形特征. 地球物理学报, 2019, 62(7): 2490-2509.
Meng Y F, Yao H J, Wang X Z, et al. Crustal velocity structure

and deformation features in the central-southern segment of Tanlu fault zone and its adjacent area from ambient noise tomography. Chinese Journal of Geophysics, 2019, 62(7): 2490-2509. (in Chinese)

2 Luo S, Yao H J, Li Q S. et al. High-resolution 3D crustal S-wave velocity structure of the Middle-Lower Yangtze River Metallogenic Belt and implications for its deep geodynamic setting. Science China Earth Sciences, 2019, 62(9): 1361-1378.

3 Bem T S, Yao H J, Luo S, et al. High-resolution 3-D crustal shear-wave velocity model reveals structural and seismicity segmentation of the central-southern Tanlu fault zone, Eastern China. Tectonophysics, 2020, 778: 228372.

4 Bem T S, Liu C M, Yao H J, et al. Azimuthally anisotropic structure in the crust and uppermost mantle in central East China and its significance to regional deformation around the Tan-Lu Fault zone. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 2022, 127(3): e2021JB023532.

5 Li L L, Shen W S, Sui S Y, et al. Crustal thickness beneath the Tanlu fault zone and its tectonic significance based on two-layer H-ϰ stacking. Earthquake Science, 2021, 34(1): 47-63.

6 Gu N, Wang K D, Gao J, et al. Shallow crustal structure of the Tanlu fault zone near Chao Lake in Eastern China by direct surface wave tomography from local dense array ambient noise analysis. Pure and Applied Geophysics, 2019, 176(3): 1193-1206.

7 Li C, Yao H J, Yang, Y, et al. 3-D shear wave velocity structure in the shallow crust of the Tanlu fault zone in Lujiang, Anhui, and adjacent areas and its tectonic implications. Earth and Planetary Physics, 2020, 4(2): 1-12.

8 Luo S, Yao H J. Multistage tectonic evolution of the Tanlu fault: Insights from upper crustal azimuthal anisotropy of the Chao Lake segment. Tectonophysics, 2021, 806: 228795.

9 Li L L, Yao H J, Luo S, et al. A multi-scale 3-D crust velocity model in the Hefei-Chao Lake area around the southern segment of Tanlu fault zone. Earthquake Science, 2021, 34(4): 274-287.

10 Yi W, Reid I M, Xue X, et al. High- and middle-latitude neutral mesospheric density response to geomagnetic storms. Geophysical Research Letters, 2018, 45(1): 436-444.

11 Yi W, Xue X H, Reid I M, et al. Climatology of the mesopause relative density using a global distribution of meteor radars. Atmospheric Chemistry and Physics, 2019, 19(11): 7567-7581.

12 Yu B K, Xue X H, Yue X A, et al. The global climatology of the intensity of the ionospheric sporadic E layer. Atmospheric Chemistry and Physics, 2019, 19(6): 4139-4151.

13 Yu B K, Xue X H, Scott C J, et al. Interhemispheric transport of metallic ions within ionospheric sporadic E layers by the lower thermospheric meridional circulation. Atmospheric Chemistry and Physics, 2021, 21(5): 4219-4230.

14 Huang F Q, Lei J H, Dou X K. Daytime ionospheric longitudinal gradients seen in the observations from a regional BeiDou GEO receiver network. Journal of Geophysical Research: Space Physics, 2017, 122(6): 6552-6561.

15 Lei J H, Huang F Q, Chen X T, et al. Was magnetic storm the only driver of the long - duration enhancements of daytime total electron content in the Asian - Australian sector between 7 and 12 September 2017?. Journal of Geophysical Research: Space Physics, 2018, 123(4): 3217-3232.

16 Huang F Q, Lei J Q, Dou X K, et al. Nighttime medium-scale traveling ionospheric disturbances from airglow imager and global navigation satellite systems observations. Geophysical Research Letters, 2018, 45(1): 31-38.

17 Huang F Q, Lei J H, Zhang R L, et al. Prominent daytime TEC enhancements under the quiescent condition of January 2017. Geophysical Research Letters, 2020, 47(14): e2020GL088398.

18 王宝善, 曾祥方, 宋政宏, 等. 利用城市通信光缆进行地震观测和地下结构探测. 科学通报, 2021, 66(20): 2590-2595.
Wang B S, Zeng X F, Song Z H, et al. Seismic observation and subsurface imaging using an urban telecommunication optic-fiber cable. Chinese Science Bulletin, 2021, 66(20): 2590-2595. (in Chinese)

Integrated Geophysical Observation and Research from Earth's Interior to Space Environment

YAO Huajian[1,2] XUE Xianghui[1,2] WANG Baoshan[1,2] HUANG Xianliang[1,3] WU Huazhang[1,3]
(1 Mengcheng National Geophysical Observatory, Mengcheng 233500, China;
2 School of Earth and Space Sciences, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China;
3 Anhui Earthquake Agency, Hefei 230071, China)

Abstract The main objectives of the Mengcheng National Geophysical Observatory are to conduct various geophysical observations and researches, including seismic, gravity, strain, electromagnetic and other means, and also perform geospace environment observations and researches, mainly focusing on the middle and upper atmosphere and ionosphere regions. The integrated geophysical observations from the Earth's interior to the space is essential for understanding the structure, formation, and evolution of the Earth itself and the geospace environment, and also the generation mechanisms, early warning, and forecasting of various natural disasters. By using observation data from geophysical arrays of different scales, we have obtained the multi-scale structures, deformation, and characteristics of seismogenic structures of the Tanlu-Dabie tectonic belt. From the observation data of the geospace environment, we have revealed the high temporal and spatial resolution phenomena and the related mechanisms within the middle and upper atmosphere and ionosphere. These researches provide important bases for regional earthquake monitoring, earthquake hazard investigation, geospace environment monitoring, and space weather study.

Keywords earth's interior, geospace environment, Tanlu-Dabie tectonic belt, middle and upper atmosphere, ionosphere

姚华建 中国科学技术大学地球和空间科学学院教授。长期从事地震波与背景噪声成像、多尺度速度模型构建、岩石圈结构与变形、大地震破裂过程等领域的研究。中国地震学会副理事长，国际大地测量学与地球物理学联合会（IUGG）国际地震与地球内部物理学协会（IASPEI） 中国组委会副主席。现任*Geophysical Journal International*期刊主编，*Earthquake Science*期刊副主编，以及《中国科学：地球科学》、*Earth and Planetary Physics* 等期刊编委。国家杰出青年基金和国家优秀青年基金获得者。2020年获得第十六届中国青年科技奖，2017年获得中国地球物理学会科技进步奖一等奖。E-mail: hjyao@ustc.edu.cn

YAO Huajian Professor of the School of Earth and Space Sciences, University of Science and Technology of China. He has been focusing on the research of seismic and ambient noise tomography, multi-scale velocity model construction, lithospheric structure and deformation, and rupture processes of great earthquakes. Vice President of the Seismological Society of China, and Vice President of the Chinese Committee of International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG) International Association of Seismology and Physics of Earth's (IASPEI).He is now an Editor of *Geophysical Journal International*, Associate Editor of *Earthquake Science*, editorial board member of *Science China Earth Sciences*, *Earth and Planetary Physics*, etc. He was funded by the Distinguished Young Scholars Fund and Excellent Young Scholar Fund of National Natural Science Foundation of China. He received the 16th Science and Technology Award for Chinese Young Scholars in 2020 and the first-class prize of Science and Technology Advancement of Chinese Geophysical Society in 2017.
E-mail: hjyao@ustc.edu.cn

■责任编辑：张帆